

### **Как да докажем, че водата в открита чаша не се изпарява**

За ролята на парадоксите в обучението по физика са изписани много страници. Най-често парадоксалните ситуации (някога техният “по-мек” вариант се наричаше проблемна ситуация, но нали сега за много стари неща се търсят нови названия...) се използват в началото, преди разглеждането на даден въпрос – с цел възбуждане на интерес, или в края, след разглеждането му – за проверка доколко е разбрана физичната същност на изучаваните обекти (свойства, явления, закономерности и т.н.), както и за прилагане на получените знания в непознати ситуации.

Някои парадокси ни предоставя самата природа – виж например материала за метеорита, паднал преди 150 години в Индия (в директорията *paradoksi*). Най-често обаче парадоксите, които използваме в обучението, са резултат от подходящо за целта описание на някое явление, описание, при което преднамерено и съзнателно се слага ударение върху едни факти, докато други или се премълчават, или се замъгляват.

И тъй като книгите, в които учителят може да намери подходящи за използване в клас парадокси, остаряха и станаха трудни за намиране, тук ще покажем как по гореописания начин един учител може сам да създаде парадоксална ситуация.

Като пример ще използваме материал, свързан с топлинните явления и изучаван в прогимназиалния училищен етап. За създаването на парадоксалната ситуация напомняме три твърдения.

1. В 5. клас учениците научават, че: *Топлообменът е процес, при който две тела с различни температури обменят топлина – тялото с по-висока температура отдава топлина на тялото с по-ниска температура.*

2. В 8. клас научават, че: *Ако свободната повърхност граничи с атмосферата, парите се разпространяват все по-далече и изпарението протича непрекъснато. Така течността обеднява на молекули с голяма кинетична енергия и температурата ѝ се понижава. ... Охлаждането на изпаряващата се течност се използва ...*

3. Освен това в 8. клас се учи, че: *Ако температурата на изпаряващата се течност трябва да се поддържа постоянна, е необходимо на течността непрекъснато да се предава количество топлина.*

4. И отново в 5. клас: *Всички течности се изпаряват по-бързо при по-високи температури.*

Набрания курсивно текстове са от съответните учебници на издателство “Просвета”, но би следвало и в учебниците на другите издателства да има подобни твърдения, защото те се отнасят до понятия и явления, залегнали в съответните учебни програми.

Ето как сега може да създадем парадоксална ситуация, като “докажем”, че водата, оставена в открита чаша никога няма да се изпари.

“Доказателство”:

Когато открита чаша с вода стои достатъчно дълго в стаята, температурите на чашата и на водата се изравняват с температурата на околния въздух. От този момент нататък, по силата на твърдение номер “1”, топлообменът спира и температурата на водата остава постоянна. Щом водата не получава топлина от въздуха (няма температурна разлика!) и температурата ѝ остава постоянна, по силата на твърдение номер “3” следва да заключим, че процесът на изпарение е спрял и водата наистина никога няма да се изпари докрай!

Парадоксът очевидно се състои в противоречието между направения “извод” и онова, което житейският опит подсказва на всеки, независимо дали е учил физика или не – рано или късно водата все пак ще се изпари.

Читателят вече вижда разгадката на парадокса: в “доказателството” съзнателно не споменаваме твърденията с номера “2” и “4”, а освен това използваме едно

твърдение, което изглежда очевидно, но по същество е невярно. Става дума за твърдението, че *“От този момент нататък, по силата на твърдение номер “1”, топлообменът спира и температурата на водата остава постоянна.”*. Това твърдение мълчаливо предполага, че липсата на топлообмен означава и постоянна температура. Последното би било вярно, ако нямаше още един процес, от който зависи температурата, и за който съзнателно “забравихме” – изпарението.

Наистина, да започнем отначало: внесли сме в стаята открита чаша с вода. За простота ще смятаме, че началната температура на водата е равна на температурата на въздуха. В този начален момент топлообмен между водата и въздуха наистина не се осъществява. Водата обаче ще се изпарява, защото в нея има молекули с различни кинетични енергии, най-бързите от тях могат да напускат свободната ѝ повърхност и да преминават във въздуха. Това изпарение нарушава температурното равновесие – по силата на твърдение номер “2”, щом няма приток на топлина, водата започва да изстива (обеднява на молекули с по-големи кинетични енергии). Щом обаче се появи температурна разлика, започва и топлообмен – водата започва да получава топлина от въздуха. И този топлообмен ще се ускорява с нарастване на разликата в температурите. Така се достига момента, в който приетото от въздуха количество топлина се изравнява с количеството топлина, отнето чрез изпарението от водата (и пренесено отново във въздуха, разбира се). От този момент нататък температурата на водата наистина остава постоянна, но **не е равна, а малко по-ниска** от температурата на околния въздух.

И така, съществено в случая, че целият процес се състои от два етапа: начален, *преходен* етап, в който отдаденото от водата при изпарението количество топлина на въздуха е по-голямо от количеството топлина, прието от нея чрез топлообмен, и затова водата изстива. Понижаването на температурата ускорява топлообмена, скоростта на получаване на количество топлина расте и постепенно настъпва вторият етап, в който вече състоянието е *стационарно*, отдаденото и приетото от водата количество топлина са равни и затова, въпреки изпарението, температурата ѝ остава постоянна.

С подобни разсъждения може да се разгледат и случаите, в които температурата на внесената в стаята вода е по-ниска или по-висока от температурата на въздуха. В детайлите си двата случая се различават, но основните съображения остават същите, както и преди. При разглеждане на тези случаи може да се използва и твърдение номер “4” – то помага да се разбере как се променя скоростта на преходния процес.

И така, да поставим черта под всички разсъждения: в случая парадоксът се получи в резултат, първо, на това, че при описание на явлението “забравихме” факта, че при изпарение течностите изстиват (ако няма приток на топлина) и, второ, че използвахме подвеждащото и невярно твърдение, че в стационарното състояние температурите на въздуха и водата остават постоянни и *равни*. Детайлният анализ показва, че температурите на водата и на въздуха наистина са постоянни, но не и равни. Колко голяма температурна разлика ще се установи вече зависи от други условия – ако в стаята има въздушно течение, което отнася молекулите на изпарилата се вода, разликата ще бъде по-голяма. По-голяма ще бъде и ако относителната влажност на въздуха е по-малка, защото този фактор ускорява изпарението и т.н. (Всъщност разглежданите процеси обясняват принципа, използван за измерване на относителната влажност с помощта на два термометъра – “сух” и “мокър”. )

Разгледаният пример илюстрира един *модел за създаване на парадоксални ситуации*, който със сигурност може да се прилага във всички раздели на училищната физика.